

李兆龙, 黄宇翔, 罗锦义, 等. 复合微生物菌对育肥猪生产性能、胃肠道绒毛及菌群结构的影响 [J]. 福建农业学报, 2019, 34 (12): 1404–1410.
LI Z L, HUANG Y X, LUO J Y, et al. Effects of a Compound Microbial Agent on Weight-gain, Gastrointestinal Villi and Flora of Pigs at Fattening Stage [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2019, 34 (12): 1404–1410.

复合微生物菌对育肥猪生产性能、 胃肠道绒毛及菌群结构的影响

李兆龙¹, 黄宇翔², 罗锦义¹, 黄耿光³, 陈发亮⁴, 黄种杰⁵

(1. 福建省农业科学院畜牧兽医研究所, 福建 福州 350013; 2. 福建省农业科学院作物研究所, 福建 福州 350010; 3. 南平市农业学校, 福建 南平 354200; 4. 龙岩市瑞丰养殖有限公司, 福建 上杭 364200; 5. 泉州华惠生物科技有限公司, 福建 泉州 362000)

摘要:【目的】研究复合微生态菌剂对育肥猪生产性能、胃肠道绒毛结构及菌群的影响。【方法】选取 300 头 60 日龄 25 kg 的育肥猪, 随机分成对照组和试验组, 试验组添加微生态菌剂, 对照组添加等量的无菌水。每个处理 15 个重复, 每个重复 10 头猪。试验为期 90 d, 记录日采食量、日增重, 并测定 15、30、60、90 d 的耗料、增重比。试验结束时, 每处理采集 18 头猪的胃黏液和结肠黏液, 运用 Illumina MiSeq 方法测定 16S rRNA 基因并分析, 并运用 HE 染色方法分析育肥猪胃肠道绒毛结构。【结果】与对照组相比, 添加复合微生物菌处理显著提高育肥猪的平均日增重 35.53 g ($P<0.05$), 降低料肉比 0.10 ($P<0.05$); 16S rRNA 基因测序结果表明, 添加复合微生物菌组的育肥猪胃肠道属水平乳酸杆菌的丰度 (平均 67.81%) 显著高于对照组 (13.54%) ($P<0.05$), 艰难梭菌属 (4.51%) 显著低于对照 (5.55%) ($P<0.05$)。结肠黏液属水平的乳酸菌丰度 (平均 6.51%) 比试验组高 (3.17%) ($P<0.05$), 结肠黏液属水平艰难梭菌属 (2.32%) 比对照低 (3.73%) ($P<0.05$), 艰难梭菌数量显著低于对照组 ($P<0.01$)。此外, 添加复合微生物菌明显增加胃肠道绒毛长度和密度 ($P<0.05$)。【结论】复合微生物菌能够显著改善育肥猪的生产性能, 增加肠道有益菌, 同时改善胃肠道绒毛结构。

关键词: 复合微生物菌; 育肥猪; 生产性能; 16S 测序; 绒毛

中图分类号: S 828.5

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384 (2019) 12-1404-07

Effects of a Compound Microbial Agent on Weight-gain, Gastrointestinal Villi and Flora of Pigs at Fattening Stage

LI Zhao-long¹, HUANG Yu-xiang², LUO Jin-yi¹, HUANG Geng-guang³, CHEN Fa-liang⁴, HUANG Zhong-jie⁵

(1. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China; 2. Crop Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350010, China; 3. Nanping Agricultural School, Nanping, Fujian 354200, China; 4. Longyan Ruifeng Agriculture Co., Ltd., Shanghang, Fujian 364200, China; 5. Quanzhou Huhui Biotechnology Co., Ltd., Quanzhou, Fujian 362000, China)

Abstract: 【Objective】Effects of a compound microecological bioagent on the weight-gain, gastrointestinal villi and microflora in pigs at end of growth period were studied. 【Methods】Three-hundred 60-day-old, weighing 25 kg, fattening pigs were randomly divided into control and treatment groups with 15 replicates of 10 pigs in each group. The treatment pigs were fed the forage diet supplemented with a microecological agent, while control with aseptic water. Daily feed-intake and weight-gain of the individual pigs were recorded for 90 d. Ratio of feed consumption/weight-gain was measured on the 15th, 30th, 60th, and 90th day during the feeding period. At end of the experiment, gastric and colon mucus of 18 randomly selected pigs from each group were collected for the Illumina MiSeq analysis on 16S rRNA gene and the HE-staining on gastrointestinal villi for a microscopic examination. 【Results】The average daily weight-gain of the treatment pigs significantly increased over control

收稿日期: 2019-07-03 初稿; 2019-09-10 修改稿

作者简介: 李兆龙 (1973-), 男, 博士, 主要从事畜禽肠道微生物及分子育种研究 (E-mail: 497377512@qq.com)

基金项目: 福建省科技计划公益类专项 (2018R1101014-7); 龙岩市农业科技重点项目 (2019LYF9012)

(i.e., 35.53 g increase at $P<0.05$) with 10 percent reduction on feed-consumption/weight-gain ratio at $P<0.05$. The 16S rRNA sequencing showed a significantly higher abundance of *Lactobacillus* in the gastrointestinal tracts of treatment pigs (averaging 67.81%) than that of control (averaging 13.54%) at $P<0.05$, but that of *Clostridium difficile* (i.e., 4.51%) significantly lower than that of control (i.e., 5.55%) at $P<0.05$. In the colon mucus, the genus abundance of *Lactobacillus* in treatment pigs (i.e., 6.51%) was significantly higher than that in control pigs (i.e., 3.17%) at $P<0.05$, but *C. difficile* (i.e., 2.32%) significantly lower than that of control (i.e., 3.73%) at $P<0.05$. The supplementation of the compound microbial agent also significantly increased the length and density of gastrointestinal villi in the treatment pigs ($P<0.05$). 【Conclusion】 The compound microecological bioagent significantly improved the weight-gain and increased the flora of beneficial bacteria as well as the gastrointestinal villi in the guts on pigs at fattening stage prior to slaughtering.

Key words: compound microecological bioagent; fattening pig; weight-gain; 16S rRNA sequencing; villu

0 引言

【研究意义】畜牧业生产中抗生素的滥用和超耐药菌不断涌现，给畜牧业生产和我国食品安全带来很大危害。为促进畜牧业生产的发展和保障食品安全，应用微生物的功能性作用，开发具有安全高效的复合微生物菌剂，成为当前畜牧业生产的一种趋势^[1-6]。而依据猪的胃肠道微生物功能而开发的微生物菌剂，在生猪的养殖中应用广泛^[7-8]。【前人研究进展】有研究证实饲料中添加微生物菌剂饲喂育肥猪，平均日增重可提高 6.7%，肉料比可降低 11.7%，饲喂微生物添加剂的要比未饲喂的猪每头节约饲料成本 21.6~27.2 元，效果较显著^[9]；也有报道使用芽孢杆菌添加到饲料中，饲喂哺乳仔猪，提高增重 22% 以上，耗料指数下降 1%~6%，具有较好的经济效益；还有报道证实，添加微生物菌剂，能改善小猪胃肠菌群^[10]，可明显减少哺乳仔猪、仔猪的拉稀^[11]，增强机体免疫作用^[12]，改善猪舍环境^[13]，减少粪便中有害气体的产量等^[14-15]。尽管之前的研究证实微生物菌剂不仅能改善断奶小仔猪的拉稀，还能改善育肥猪的生产性能。但实际生产中的应用还是较少。一方面是因为之前的研究添加菌剂相对单一，对生猪生产性能的改善相对有限，临床应用也相对有限。另一方面，是因为微生物菌剂功能的发挥是多菌种相互配合的复杂系统，详细的作用机理尚待深入揭示，进一步限制了微生物菌剂在畜牧业生产中的应用。【本研究切入点】为进一步推动微生物菌剂在生产中的应用，改善生猪的生产性能，本研究采用多菌种的复合菌添加模式，进一步探讨复合菌剂对育肥猪的生长、发育的影响。【拟解决的关键问题】通过运用复合微生物菌（包括芽孢菌、放线菌、乳酸菌、酵母菌、粪肠菌、光合菌等多种菌），进行为期 90 d 的添加饲喂试验，以期揭示长期添加复合微生物菌对生猪生产性能、胃肠道

绒毛和微生物结构影响，从而推动复合微生物菌剂在生猪生产中的应用。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验动物 60 日龄的杜×长×大育肥猪共 300 头购自福建龙岩上杭某养殖公司，体重（ 25.0 ± 1.6 ）kg。

1.1.2 复合微生物菌 本试验中复合菌华惠一号由福建省农业科学院畜牧兽医研究所和泉州华惠生物科技有限公司共同分离培养，包括 1.25×10^8 cfu·g⁻¹ 以上的芽孢菌、放线菌、乳酸菌、酵母菌、粪肠菌、光合菌等。

1.2 试验方法

1.2.1 试验处理设置 饲养地点在福建龙岩上杭某养殖公司，采用常规的水泥面养殖猪舍，平均气温 22℃，养殖周期 90 d。育肥猪 300 头，随机分成 2 组，每组 15 个重复，每个重复 10 头。试验组饲喂添加复合微生物菌活菌饲料，对照组饲喂常规的饲料。正式饲喂试验前 7 d 进行预试验。饲喂管理按照自由采食方法进行，提供充足清洁饮水，每天进行一次猪舍清扫，定时观察记录试验猪的采食、体重、粪便、精神状况，常规疫苗接种。

1.2.2 饲料的基础日粮、营养成分及制备 将复合菌液按 1:12.5 比列添加至玉米粉，在 25~38℃ 密闭发酵 5~7 d。试验组按基础原料组成配方：发酵玉米 16 kg，玉米粉 634 kg，豆粕 280 kg，麦麸 30 kg，预混料 40 kg 进行混匀饲喂。对照组则按基础原料组成配方：玉米粉 650 kg，豆粕 280 kg，麦麸 30 kg，预混料 40 kg 混匀饲喂。试验饲料的原料基础日粮及其营养成分见表 1。

1.3 生产性能指标测定

试验前，对所有猪进行称重，然后添加复合菌，并分别在 15、30、60、90 d 进行称重、统计采

表 1 基础日粮组成及营养成分
Table 1 Basic diet and nutritional composition of forage

组成 Composition	含量 Contain
玉米 Corn/%	65
麦皮 Wheat bran/%	3
豆粕 Soybean meal/%	28
预混料 Premix/(每千克日粮)	4
总计 Total/%	100
消化能 Digestive energy (DE) / (MJ·kg ⁻¹)	13.87
粗蛋白 Crude protein (CP) /%	19.5
赖氨酸 Lysine (Lys) /%	1.1
钙 Calcium (Ca) /%	0.9
有效磷 Available phosphorus (AP) /%	0.45

注：预混料组成：石粉40%，磷酸氢钙30%，碘酸钙0.25%，亚硒酸钠0.75%，一水硫酸亚铁1.85%，一水硫酸锌1.5%，五水硫酸铜2.2%，一水硫酸锰0.85%，维生素A0.05%，维生素B1（98%）0.004%，维生素B2（96%）0.02%，维生素B6（98%）0.012%，维生素B12（1%）0.005%，维生素D3 0.09%，维生素E（50%）0.1%，氯化胆碱（50%）3.5%，生物素（2%）0.013%，烟酸（99%）0.076%，叶酸（97%）0.002%，泛酸（98%）0.051%，维生素K3（25%）0.1%，食盐6.0%，蛋氨酸（99%）1.0%，赖氨酸（98%）5.0%，抗氧化剂0.1%，载体（沸石粉）6.558%。

Note: The composition of premix is 40% stone powder, 30% calcium hydrogen phosphate, 0.25% calcium iodate, 0.75% sodium selenite, 1.85% ferrous sulfate monohydrate, 1.5% zinc sulfate monohydrate, 2.2% copper sulfate pentahydrate, 0.85% manganese sulfate monohydrate, 0.05% vitamin A, 0.004% vitamin B1 (98%), 0.02% vitamin B2 (96%), 0.012% vitamin B6 (98%), Vitamin B12 (1%) 0.005%, vitamin D3 0.09%, vitamin E (50%) 0.1%, choline chloride (50%) 3.5%, biotin (2%) 0.013%, niacin (99%) 0.076%, folic acid (97%) 0.002%, pantoic acid (98%) 0.051%, vitamin K3 (25%) 0.1%, salt 6.0%, methionine (99%) 1.0%, lysine (98%) 5.0%, antioxidant 0.1%, carrier (zeolite powder) 6.558%.

食量，并计算每头日均增重、头均耗料以及耗料增重比，分析复合菌对育肥猪生产性能的影响。

1.4 肠道绒毛结构测定

饲喂试验结束后，各处理分别选择 18 头体重相近且生长状况良好、未发生过消化道疾病的育肥猪，空腹处死，取 0.25 cm 的胃、结肠、盲肠，放入多聚甲醛固定，经酒精脱水，二甲苯透明，然后将已透明的组织块置于已溶化的石蜡中浸蜡、包埋；再将包埋好的组织块切片，然后脱蜡、至水、染色；染色后的切片经纯酒精脱水，再经二甲苯使切片透明；将已透明的切片滴上树胶，盖上盖玻片封固；待树胶略干后镜检。

1.5 16S rRNA 基因测序

1.5.1 微生物组总 DNA 提取和目标片段 PCR 扩增
试验结束时，通过安乐死处理试验组和对照组猪（每

组 10 只），分别取处死猪的胃和结肠黏液进行微生物组总 DNA 提取，然后通过 1% 琼脂糖凝胶电泳验证提取 DNA 的纯度，同时运用紫外分光光度方法对提取的胃和结肠黏液 DNA 进行定量。接着再根据肠道微生物序列中的保守片段设计引物，对肠道微生物的基因可变区（单个或连续的多个）或特定基因片段进行 PCR 扩增。

1.5.2 扩增产物纯化和定量 PCR 扩增产物通过 2% 琼脂糖凝胶电泳进行检测，并对目标片段进行切胶回收，回收采用 AXYGEN 公司的凝胶回收试剂盒。参照电泳初步定量结果，将 PCR 扩增回收产物进行荧光定量，荧光试剂为 Quant-iT PicoGreen dsDNA Assay Kit，定量仪器为 Microplate reader（BioTek，FLx800）。根据荧光定量结果，按照每个样本的测序量需求，对各样本按相应比例进行混合。

1.5.3 测序文库制备和高通量测序 采用 Illumina 公司的 TruSeq Nano DNA LT Library Prep Kit 试剂盒制备测序的基因文库。将验证合格的测序文库进行梯度稀释，按相应比例混合文库，混合后再采用碱变性为单链进行上机测序；使用 MiSeq Reagent Kit V3 (600 cycles) 和 MiSeq 测序仪进行 2×300 bp 的双端测序。

首先进行初步筛查高通量测序的原始下机数据的序列质量；再按照引物和 Barcode 信息，将通过质量初筛的序列，分配入对应样本，并去除嵌合体；然后使用 QIIME 软件，调用 UCLUST 这一序列比对工具，对前述获得的序列按 97% 的序列相似度进行归并和 OTU 划分，并选取每个 OTU 中丰度最高的序列作为该 OTU 的代表序列。随后，根据每个 OTU 在每个样本中所包含的序列数，构建 OTU 在各样本中丰度的矩阵文件（即 OTU table），该矩阵文件可转换为“BIOM（Biological Observation Matrix）”这一更便于传输、储存并兼容于其他分析工具的文件格式。OTU 归并划分获得的序列，然后根据每个 OTU 的代表序列进行序列的分类地位鉴定以及系统发育学分析；接着再根据 OTU 在不同样本中的丰度分布，对每个样本的多样性水平进行评估，并根据样本的稀疏曲线来评估测序深度；随后根据不同分类水平分析各样本（组）并检验组间各自的统计学意义；然后对 OTU 丰度矩阵中的全体样本在 90% 的最低测序深度水平，统一进行随机重抽样（即“序列量拉平处理”），从而校正测序深度引起的多样性差异。随后，使用 QIIME 软件分别对每个样本计算上述 4 种多样性指数，再通过 α 和 β 多变量统计学分析工具，分析不同样本间及组间的菌群结构差异及与相关的物种差异；接着根据微生物肠道菌群的基因测序结果，预测各样本的菌群相关代谢功能。

2 结果与分析

2.1 复合微生物菌剂对育肥猪生产性能的影响

如表 2 所示，试验组的育肥猪在 15、30、60、

90 d 平均日增重显著高于对照组，F/G 显著低于对照组。表明在育肥猪日粮中添加复合菌能提高育肥猪日增重，降低料肉比。

表 2 添加复合菌对育肥猪生产性能的影响
Table 2 Effect of compound microbial agent addition in forage on weight-gain of pigs at fattening stage

试验时间 Time	试验处理 Treatments	平均日采食量 Average daily feed intake (ADFI) / (kg·头 ⁻¹)	平均增重 Average head gain/ (kg·头 ⁻¹)	平均日增重 Average daily gain (ADG) / (kg·头 ⁻¹)	料/肉比 (F/G) Feed/weight gain	F/G与对照组比较 F/G compared with control
15 d	复合菌组 Treatment	1.60±0.28 a	9.5±0.48 a	0.63±0.15 a	2.53 a	-8.38%
	对照组 Control	1.60±0.39 a	8.72±1.29 b	0.52±0.14 b	2.73 b	
30 d	复合菌组 Treatment	1.86±0.98 a	10.01±2.84 a	0.67±0.17a	2.76 a	-2.81%
	对照组 Control	1.88±0.40 a	9.92±1.48 b	0.61±0.10 b	2.84 b	
60 d	复合菌组 Treatment	2.43±0.52 a	25.86±1.24 a	0.86±0.15 a	2.82 a	-11.74%
	对照组 Control	1.97±0.19 b	25.08±1.29 b	0.84±0.34 b	3.15 b	
90 d	复合菌组 Treatment	3.35±0.76 a	28.65±1.24 a	0.95±0.15 a	3.52 a	-2.63%
	对照组 Control	3.36±0.55 a	27.78±1.29 b	0.93±0.34 b	3.63 b	

注：不同小写字母表示同一时间不同处理之间差异显著（ $P<0.05$ ），相同字母表示差异不显著（ $P>0.05$ ）。
Note: Different letters in the same row means significant difference between treatments（ $P<0.05$ ）.

2.2 胃肠道结构及绒毛变化

添加复合菌组的猪胃壁纵肌层和横肌层较厚；胃壁绒毛比对照组长，差异极显著（ $P<0.01$ ）；结肠绒毛和盲肠绒毛比对照组长，差异显著（ $P<0.05$ ）或极显著（ $P<0.01$ ）。此外，对照组的胃壁纵肌层和横肌层较薄（图 1）。说明复合微生物菌的添加促进了胃肠肠绒毛的发育，减少了损伤。

2.3 胃和结肠的微生物组成结构

试验结束时，各采集 18 只育肥猪的胃液和结肠的黏液进行 16S rRNA 基因测序。结果如图 2、3 所示：试验组育肥猪的胃黏液属水平的乳酸菌丰度（平均 67.81%）比试验组高（13.54%）（ $P<0.05$ ），胃黏液属水平的艰难梭菌属（4.51%）比对照低（5.55%），差异显著（ $P<0.05$ ）。结肠黏液属水平的乳酸菌丰度（平均 6.51%）比试验组高（3.17%），差异显著（ $P<0.05$ ），结肠黏液属水平艰难梭菌属（2.32%）比对照低（3.73%），差异显著（ $P<0.05$ ）。结果表明，在育肥猪日粮中添加复合菌有促进乳酸菌属丰度、降低艰难梭菌属丰度的作用。

3 讨论

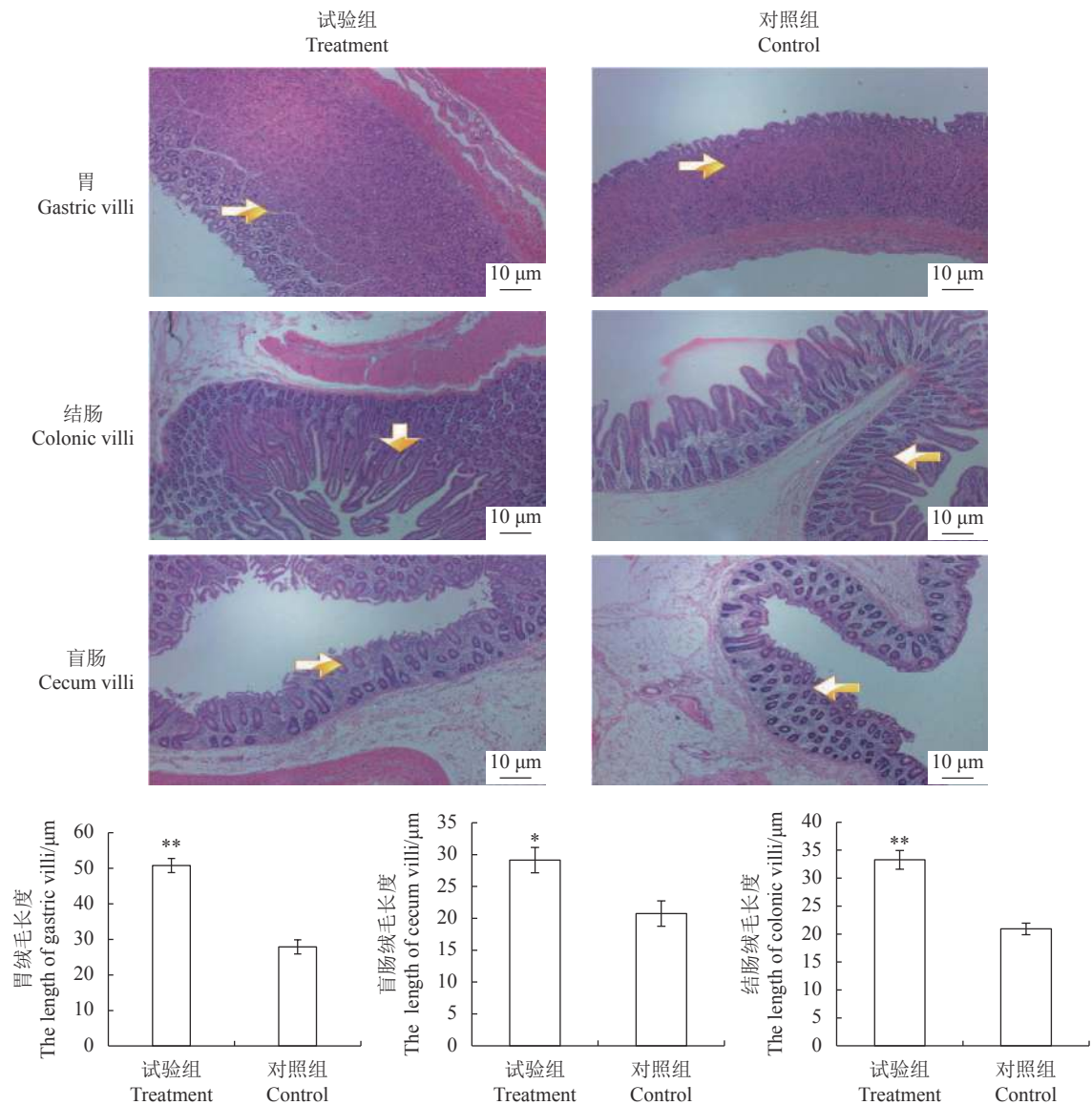
3.1 饲喂复合微生物菌对育肥猪生产性能的影响

育肥猪生产性能的改善，主要体现在日增重增加、耗料增重比的下降等多个方面。本研究结果表明，饲用复合微生物菌明显增加日增重，降低耗料

增重比，与任瑞兰等^[15]、马雪花等^[16]、何志刚等^[17]和文廷富等^[18]的试验结果较为一致。此外，从 15 d 开始，一直持续到 90 d，育肥猪的日增重明显增加，耗料增重比也明显降低。本研究使用的复合菌剂包括了 6 大类菌，充分考虑到育肥猪胃肠道的不同位置对于微生物菌提供的不同生长条件，胃和十二指肠相对开放，需氧菌多于厌氧菌，而结肠和盲肠相对密闭，大部分是厌氧菌。之前很多的研究报道，都证实了微生物菌的添加功效^[19-21]，但极少考虑不同位置的胃肠道菌群差异，因此很多研究结果与实际应用存在一定差异。本试验充分考虑胃肠道不同位置菌群分布，通过复合菌添加，让不同菌定植于不同位置，从而保证了外来菌群能够有效影响内在菌群平衡。从研究结果看，添加复合菌剂的效果确实持续存在，具体的机理尚待进一步的研究。

3.2 饲喂复合微生物菌对胃肠道绒毛结构影响

胃肠道绒毛结构影响营养物质的消化吸收，添加微生态制剂是否能改善生产性能，首要考察其对胃肠道绒毛结构生长是否有促进作用^[22]。本试验比较分析添加复合菌剂组胃、结肠和盲肠的肠道形态及绒毛长度。结果发现，添加复合菌组结肠和盲肠的绒毛比对照组长，与李长军等^[23]、孙媛等^[24]用微生态制剂饲喂仔猪促进猪肠道绒毛发育，以及欧阳志周^[25]通过添加丁酸梭菌可促进猪肠道绒毛发育的结果较接近。此外，本次试验也发现，饲喂复合微



注：箭头标注为胃肠道绒毛结构；*表示差异显著 ($P < 0.05$)，**表示差异极显著 ($P < 0.01$)。
Note: The arrow is marked as the gastrointestinal villi structure; * indicates significant difference ($P < 0.05$), ** indicates extremely significant difference ($P < 0.01$).

图 1 胃肠道结构及绒毛变化
Fig. 1 Changes on structure and villi in gastrointestinal tracts

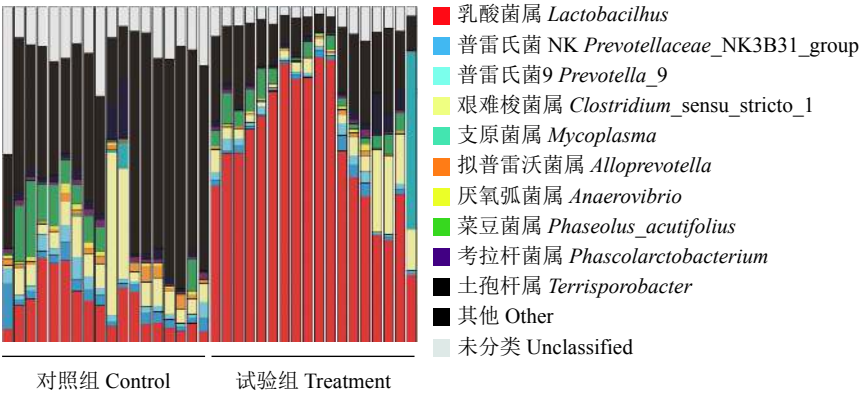


图 2 胃属水平菌群组成
Fig. 2 Microbiota composition of gastric mucus with respect to genus

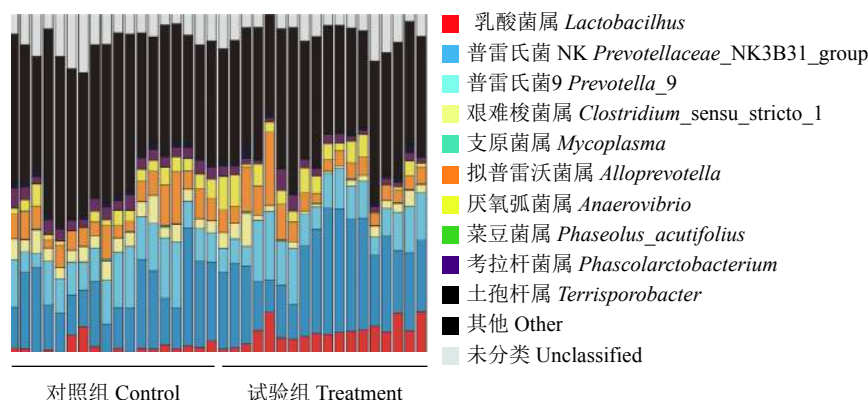


图 3 结肠属水平菌群组成

Fig. 3 Microbiota composition of colon with respect to genus

生物菌的育肥猪的胃壁肌层较厚，绒毛长度比对照组长。从胃动力学可知，胃壁肌层厚度越厚，越有利于饲料在胃里的初级消化。而胃的绒毛长度可延长营养物质在胃壁的滞留时间，同时也延长微生物在胃壁的作用时间，进一步促进了营养物质在胃里的消化吸收，从而对生产性能进行改善^[26]。

3.3 饲喂复合微生物菌对育肥猪肠道微生物的影响

育肥猪肠道微生物是宿主营养物质消化和吸收的关键，对宿主免疫及疾病等起着重要的调控作用。同时肠道微生物菌群结构又受到宿主胃肠道内环境以及日粮、品种、外界环境等的影响^[27]。本试验中添加的复合微生物菌剂，明显增加胃和结肠的乳酸菌属的丰度。胃里的乳酸菌不仅可促进乳糖、蛋白质、单糖及钙、镁等营养物质的吸收，产生B族维生素等大量有益物质；同时还可增加肠道有益菌群，改善胃肠道功能，恢复肠道内菌群平衡，形成抗菌生物屏障，维护宿主健康；还可抑制腐败菌的繁殖，消解腐败菌产生的毒素，清除肠道垃圾等。因此，推测胃、结肠的乳酸菌属的丰度增加是改善育肥猪生产性能的重要因素。

此外，本研究也证实，添加复合益生菌可减少艰难梭菌为主的有害梭菌的增殖。有害梭菌的减少可促进菌群平衡，维护肠道结构功能，提高营养物质的消化吸收，从而改善生产性能。本试验和杨红萍等^[28]添加复合微生态制剂可显著增加盲肠、结肠、直肠中乳酸杆菌、双歧杆菌数量以及杜泓明等^[29]添加复合益生菌培养物影响断奶仔猪的盲肠微生物区系的结果较为一致。

4 结论

复合菌剂可增加育肥猪胃、结肠和盲肠的肠壁绒毛长度，增加胃和结肠的乳酸菌属的丰度，同时减少以艰难梭菌为主的有害梭菌的增殖，维护肠道

结构功能，保证菌群平衡，促进生产性能的提升，可作为饲料添加剂在生产中应用。

参考文献：

- [1] 张兆顺, 窦宝棠, 白应利, 等. 抗生素饲料添加剂在畜牧业生产中过度使用的危害及对策 [J]. 陕西农业科学, 2012, 58 (3): 127-128, 139.
ZHANG Z S, DOU B T, BAI Y L, et al. Harm and countermeasures of excessive use of antibiotic feed additives in animal husbandry production [J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2012, 58 (3): 127-128, 139. (in Chinese)
- [2] 程学慧, 彭健, 詹志春. 抗生素在畜牧生产中面临的挑战和出路 [J]. 中国畜牧兽医, 2004, 31 (2): 13-15.
CHENG X H, PENG J, ZHAN Z C. The challenge and outlet of antibiotic in animal production [J]. China Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2004, 31 (2): 13-15. (in Chinese)
- [3] 王长彦. 微生物发酵饲料替代饲用抗生素技术在商品猪生产中的应用研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
WANG C Y. The application of microbial fermented feed replacing for AGP in the commercial pigs production[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2008. (in Chinese)
- [4] CHENG G Y, HAO H H, XIE S Y, et al. Antibiotic alternatives: the substitution of antibiotics in animal husbandry [J]. Frontiers in Microbiology, 2014, 5: 217.
- [5] AARESTRUP F M. Association between the consumption of antimicrobial agents in animal husbandry and the occurrence of resistant bacteria among food animals [J]. International Journal of Antimicrobial Agents, 1999, 12 (4): 279-285.
- [6] ZHAO K N, XU R, ZHANG Y, et al. Development of a novel compound microbial agent for degradation of kitchen waste [J]. Brazilian Journal of Microbiology, 2017, 48 (3): 442-450.
- [7] 金立明, 生宝强. 饲用微生物添加剂的研究与应用进展 [J]. 北华大学学报(自然科学版), 2004, 5 (3): 270-272.
JIN L M, SHENG B Q. The study and applied progress of microbial additives in forage [J]. Journal of Beihua University(Natural Science Edition), 2004, 5 (3): 270-272. (in Chinese)
- [8] 张心如, 杜干英, 张炜. 饲用微生物添加剂在养殖业中的应用(综述) [J]. 养猪, 1996 (3): 7-11.
ZHANG X R, DU G Y, ZHANG W. Application of feed microbial additives in pig industry (Review) [J]. Swine Production, 1996 (3): 7-11. (in Chinese)

- [9] 欧阳荣林. “EM”菌料饲喂生长育肥猪效果试验 [J]. 畜牧兽医杂志, 2000, 19 (3): 5-6.
OUYANG R L. Experiment on the effect of “EM” bacterial feed on growing and finishing pigs [J]. *Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2000, 19 (3): 5-6. (in Chinese)
- [10] 王晶, 季海峰, 王四新, 等. 饲用乳酸菌制剂的研究现状及在养猪生产中的应用 [J]. 中国畜牧兽医, 2010, 37 (3): 38-41.
WANG J, JI H F, WANG S X, et al. Advances on *Lactobacillus* preparation research and application in pig production [J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2010, 37 (3): 38-41. (in Chinese)
- [11] 侯成立, 季海峰, 周雨霞, 等. 益生菌的作用机制及其在母猪生产中的应用 [J]. 中国畜牧兽医, 2011, 38 (7): 20-22.
HOU C L, JI H F, ZHOU Y X, et al. Mechanism of probiotics and its application in sow production [J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2011, 38 (7): 20-22. (in Chinese)
- [12] 高林, 白子金, 冯波, 等. 微生物饲料添加剂研究与应用进展 [J]. 微生物学杂志, 2014, 34 (2): 1-6.
GAO L, BAI Z J, FENG B, et al. Research and application progress of direct-fed microbials as feed additive [J]. *Journal of Microbiology*, 2014, 34 (2): 1-6. (in Chinese)
- [13] 徐鹏, 董晓芳, 佟建明. 微生物饲料添加剂的主要功能及其研究进展 [J]. 动物营养学报, 2012, 24 (8): 1397-1403.
XU P, DONG X F, TONG J M. Microbial feed additives: Major functions and its research advances [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24 (8): 1397-1403. (in Chinese)
- [14] 陈秀为. 农业微生物的应用及发展 [J]. 天津农林科技, 1997 (1): 21-23.
CHEN X W. Application and development of agricultural microorganisms [J]. *Science and Technology of Tianjin Agriculture and Forestry*, 1997 (1): 21-23. (in Chinese)
- [15] 任瑞兰, 余琰. 猪微生物添加剂饲喂生长育肥猪试验 [J]. 四川农业大学学报, 1994, 12 (S1): 567-569.
REN R L, YU L. Study on growing of piglets microbial additive feed [J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 1994, 12 (S1): 567-569. (in Chinese)
- [16] 马雪花. 微生物饲料的喂猪效果试验 [J]. 浙江畜牧兽医, 2010, 35 (4): 24.
MA X H. Feeding effect test of microbial feed [J]. *Zhejiang Journal Animal Science and Veterinary Medicine*, 2010, 35 (4): 24. (in Chinese)
- [17] 何志刚, 林小伟. 微生物添加剂对哺乳仔猪增重效果的研究 [J]. 四川农业大学学报, 1994, 12 (S1): 573-575.
HE Z G, LIN X W. Effect of microbial additive in chiet on gain of piglets [J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 1994, 12 (S1): 573-575. (in Chinese)
- [18] 文廷富, 何志刚, 白机, 等. 猪微生物饲料添加剂对仔猪增重的研究 [J]. 四川农业大学学报, 1994, 12 (S1): 570-572.
WEN T F, HE Z G, BAI F, et al. Study about microbial feed additive on weight gain of suckling pigs [J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 1994, 12 (S1): 570-572. (in Chinese)
- [19] 谢玺文, 张翠霞, 陈丽媛, 等. 饲用微生物的应用及研究现状 [J]. 微生物学杂志, 2001, 21 (1): 47-49, 53.
XIE X W, ZHANG C X, CHEN L Y, et al. Application and research status of feed microorganisms [J]. *Journal of Microbiology*, 2001, 21 (1): 47-49, 53. (in Chinese)
- [20] 胡未一, 江林, 李东成, 等. 猪微生物饲料添加剂(8701A)对仔猪促生长试验 [J]. 四川农业大学学报, 1994, 12 (S1): 564-566, 605.
HU W Y, JIANG L, LI D C, et al. Effects of microbial feed additive “8701A” on the growth of piglets [J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 1994, 12 (S1): 564-566, 605. (in Chinese)
- [21] RICHARDS J D, GONG J, DELANGE C F M, 等. 胃肠道菌群及其在单胃动物主要在猪的营养和健康中的作用: 目前的认识, 可能的调节方法及对菌群生态学新的研究方法 [J]. 畜牧与兽医, 2012, 44 (S1): 357-358.
RICHARDS J D, GONG J, DELANGE C F M, et al. Gastrointestinal flora and its role in the nutrition and health of monogastric animals: current understanding, possible regulatory methods and new research methods on flora ecology [J]. *Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2012, 44 (S1): 357-358. (in Chinese)
- [22] 张翥, 董国忠. 影响断奶仔猪小肠结构完整性的因素 [J]. 中国饲料, 2010 (6): 9-13, 28.
ZHANG Z, DONG G Z. Factors affecting the structural integrity of the small intestine in weanling pigs [J]. *China Feed*, 2010 (6): 9-13, 28. (in Chinese)
- [23] 李长军, 张玉仙, 华勇谋, 等. 微生态制剂对新生仔猪小肠绒毛形态结构和黏膜免疫相关细胞的影响 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2011 (19): 60-62.
LI C J, ZHANG Y X, HUA Y M, et al. Effect of Microecological Preparation on the Morphological Structure and Mucosal Immunorelated Cells of Newborn Piglets [J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2011 (19): 60-62. (in Chinese)
- [24] 孙媛. 液态复合微生态制剂的研制及在仔猪生产上的应用[D]. 长春: 吉林农业大学, 2006.
SUN Y. *The liquid compound mcicrobial ecolgical agents to research and manufacture and in application of the weaning piglets farming*[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2006. (in Chinese)
- [25] 欧阳志周, 朱文, 肖林, 等. 猪源丁酸梭菌分离及其对肠道绒毛发育的影响 [J]. 齐鲁工业大学学报(自然科学版), 2016, 30 (3): 28-31.
OUYANG Z Z, ZHU W, XIAO L, et al. Influence of the isolated *Clostridium butyricum* strain on the growth of intestinal villi [J]. *Journal of Qilu University of Technology(Natural Science Edition)*, 2016, 30 (3): 28-31. (in Chinese)
- [26] 华建平, 姚宏昌, 马桂凤. 功能性消化不良患者的胃动力学研究 [J]. 天津医药, 2000, 28 (3): 172-174.
HUA J P, YAO H C, MA G F. The study of gastric dynamics in patients with functional dyspepsia [J]. *Tianjing Medical Journal*, 2000, 28 (3): 172-174. (in Chinese)
- [27] WANG Y, YI L, ZHAO M L, et al. Effects of zinc-methionine on growth performance, intestinal flora and immune function in pigeon squabs [J]. *British Poultry Science*, 2014, 55 (3): 403-408.
- [28] 杨红萍, 鲍玉林. 复合微生态制剂对仔猪生长性能、肠道微生物和免疫功能的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2017, 522 (6): 74-76.
YANG H P, BAO Y L. Effect of compound microecological preparation on growth performance, intestinal microorganism and immune function of piglets [J]. *Heilongjiang Animal Husbandry and Veterinary*, 2017, 522 (6): 74-76. (in Chinese)
- [29] 杜泓明. 不同益生菌培养物对断奶仔猪生长性能、免疫功能及盲肠微生物区系的影响[D]. 长春: 吉林农业大学, 2017.
DU H M. Effect of different probiotic cultures on growth performance, immune function and cecum microflora diversity of weaned piglets[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2017. (in Chinese)

(责任编辑: 张梅)